

Характеристики прогнозируемой помеховой обстановки

Назначение и тип РЛС	Направления постановки помех	Дальность до эквивалентн. ПАП, км	Направления воздействия помех	Спектр. плотность мощн. помехи на входе антенны (Вт/МГц): заградительная/ прицельная
Механиз. бригада РЛСО РЛС навед.	Из зон барражирования	90	Первый боковой лепесток ДНА	7...15/75...150
			ФОН	20...45/200...450
	Из состава налета		Главный лепесток	2...6/15...30
			Первый боковой лепесток ДНА	10...30/100...300
Зрадн. РЛСО РЛС навед.	Из зон барражирования	75	Первый боковой лепесток ДНА	7...15/75...150
			ФОН	20...45/200...450
	Из состава налета		Главный лепесток	2...6/15...30
			Первый боковой лепесток ДНА	10...30/100...300

Оценка боевых возможностей зрбатур бригадного звена для прогнозируемых действий воздушного противника в условиях применения помех определяется коэффициентом сжатия пространственных показателей боевых возможностей пункта управления (ПУ) зрбатур и зон обнаружения и поражения:

$$K_{\text{сж}} = D_{\text{обн пом}} / D_{\text{обн}}, \quad (1)$$

где $D_{\text{обн пом}}$ – дальность обнаружения ВЦ в условиях воздействия помех; $D_{\text{обн}}$ – дальность обнаружения ВЦ без воздействия помех.

I. Исходными данными для расчета сжатия зон обнаружения являются:

- типы РЛС, их количество и место стояния в составе зрадн механизированной (танковой) бригады;
- параметры каждого типа РЛС, влияющие на их помехозащищенность;

- спектральная плотность мощности заградительных помех, создаваемых противником каждому типу РЛС в зависимости от его места стояния на местности;

- дальности до рубежа постановки помех.

II. Исходными данными для расчета коэффициента сжатия зоны поражения зрбатур являются:

- коэффициент сжатия РЛС ПУ, обеспечивающего зрбатур боевой информацией;

- тип ЗРК ближнего действия (БД), его тактико-технические характеристики, дальняя и ближняя границы зоны поражения (обстрела) ЗРК БД, средняя скорость полета зенитной управляемой ракеты (ЗУР) – $V_{\text{зур}}$;

- t_p – работное время ПУ зрбатур; $V_{\text{ВЦ}}$ – скорость ВЦ.

Требуемая дальность обнаружения ВЦ РЛС ПУ зрбатур будет определяться, в основном, следующими характеристиками боевых возможностей ЗРК БД с ОЭСН [1]:

$$D_{\text{обн треб}} = D_{\Gamma} \left(1 + \frac{V_{\text{ВЦ}}}{V_{\text{зур}}} \right) + V_{\text{ВЦ}} (\tau_{\text{ЦУ}} + \tau_{\text{пер.ЦУ}} + \tau_{\text{НПС}} + \tau_{\text{СТ}}), \quad (2)$$

где D_{Γ} – граница зоны поражения ЗРК БД; $\tau_{\text{ЦУ}}$ – время ЦУ на ПУ зрбатур; $\tau_{\text{пер.ЦУ}}$ – время передачи ЦУ; $\tau_{\text{НПС}}$ – время непосредственной подготовки стрельбы; $\tau_{\text{СТ}}$ – время старта ЗУР.

При обеспечении заданного динамического диапазона приемного устройства РЛС ПУ зрбатур, условия обнаружения воздушной цели (ВЦ) при наличии помех имеет вид [2]:

$$\frac{P_{\text{СвхПАУ}}}{P_{\text{ПвхПАУ}}} = \frac{P_{\text{П}} G_{\text{П}} 4\pi D_{\text{С}}^2}{P_{\text{С}} G_{\text{С}} \sigma D_{\text{ПАП}}^2} g^2(\varphi, \theta) \frac{\Delta f_{\text{ПАУ}}}{\Delta f_{\text{П}}} \gamma_{\text{П}} \leq \frac{P_{\text{СвхПАУ}}}{P_{\text{ШПАУ}}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{СвхПАУ}}$, $P_{\text{ПвхПАУ}}$ – мощность сигнала и помехи на входе приемного устройства; $P_{\text{П}}$ – мощность передатчика помех; $G_{\text{П}}$ – коэффициент усиления (КУ) антенны передатчика помех; $D_{\text{С}}$ – дальность прикрываемой ВЦ; $D_{\text{ПАП}}$ – дальность до постановщика помех; $g^2(\varphi, \theta)$ – нормированная диаграмма направленности по мощности подавляемой РЛС; $\Delta f_{\text{ПАУ}}$ – полоса пропускания приемного устройства; $\Delta f_{\text{П}}$ – ширина спектра помех; $\gamma_{\text{П}}$ – коэффициент, учитывающий несоответствие поляризации сигнала от ВЦ и помехи; $P_{\text{С}}$ – мощность передатчика РЛС; $G_{\text{С}}$ – КУ антенны РЛС; σ – эффективная поверхность Рассеяния ВЦ.

Относительное снижение математического ожидания (МОЖ) числа уничтоженных ВЦ зрбатур будет определяться как:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{пом}} = \left(1 - \frac{M_{\text{зрбатур пом}}}{M_{\text{зрбатур}}} \right) \cdot 100\%, \quad (4)$$

где $M_{\text{зрбатур пом}}$, $M_{\text{зрбатур}}$ – математическое ожидание (МОЖ) числа уничтоженных ВЦ зрбатур в условиях воздействия помех и без их воздействия соответственно.

При расчетах с помощью имитационной модели отражения первого массированного удара (МУ) зрбатур из состава механизированной (танковой) бригады должны учитываться следующие факторы:

1. по воздушному противнику:
 - ЛТХ СВН;
 - состав и пространственно-временное построение СВН в МУ;
 - вероятностные характеристики РЛС зрбатур;
 - комплектация СВН противника средствами РЭБ;
 - характеристики средств РЭБ и способы их боевого применения.

2. По подразделениям ПВО в составе механизированной (танковой) бригады:
 - состав и взаимное размещение РЛС, ЗРК, ЗАК, систем управления.

3. По условиям функционирования:
 - динамика боевых действий в условиях двухстороннего конфликта;
 - выбор стратегий по ведению РЭБ противником;
 - динамика изменений помеховой обстановки.

При построении модели необходимо учитывать структуризацию исследуемой зрбатур по элементам, свойства и связи которых известны, и могут быть описаны логико-математическими зависимостями. Определение количественных характеристик динамики изменения этих свойств, связей и будут составлять основу для получения новых знаний о моделируемом объекте или процессе.

Метод последовательного просмотра позволяет по усредненным значениям характеристик зрбатур получить результаты моделирования с достаточной точностью. Предложенная методика позволяет определить обобщенный показатель эффективности функционирования зрбатур зенитного ракетно-артиллерийского дивизиона – МОЖ числа своевременно обнаруженных ПУ зрбатур и выданных огневым средствам ВЦ из МУ и совокупность других количественных показателей зрбатур, а также учесть влияние основных факторов как в совокупности, так и в отдельности на эффективность зрадн в динамике МУ СВН.

При проведении расчетов оценки эффективности функционирования зрбатур были использованы следующие данные: количество типов СВН до 4; количество типов огневых единиц – до 8; количество РЛС ПУ – 4; количество типов средств управления и связи – до 5.

В качестве характеристик СВН использовались высоты полета, скорости и ЭПР (табл. 2).

Дальность обнаружения РЛС зрадн ПВО для различных высот полета ВЦ (с ЭПР 1 м²) с вероятностью, равной 0,5, в зависимости от высоты ее полета приведена в табл. 3.

Боевые возможности ЗК, входящих в состав зрадн бригады, которые использовались при моделировании, приведены в табл. 4.

Таблица 2

Характеристики полета СВН

Тип СВН	Характеристика				
	H min, (м)	Hmax, (м)	V min, (м/с)	Vmax, (м/с)	ЭПР, (м ²)
F – 5A/B	50	6000	140	1200	2,5
F – 15C	25	8000	140	1700	3,0
F – 16C	25	5000	120	1500	2,5
«Мираж-2000Д»	25	7000	120	1300	3,0
10A	25	4000	110	800	4,5
ВОП ВО-105M	5	3000	0	270	6,0

Таблица 3

Дальность обнаружения средств разведки для различных высот полета ВЦ с ЭПР 1 м²

Тип РЛС, D _{обн.} , км, H _{ВЦ} , м	П - 19	П - 18	РЛСО «Овод –М-СВ»
50	23	15	20
100	29	20	25
300	49	32	27
500	63	46	29
1000	110	65	30
3000	120	105	32
5000	125	132	-

Таблица 4

Боевые возможности ЗК, входящих в состав зрадн омбр

H _{ВЦ} , м	Дальняя граница зоны поражения, в зависимости от высоты ВЦ, км			
	«Оса»	«Тунгуска»	«Стрела-10»	«Игла»
50	2,2	2,5	0,8	0,5
100	5	2,5	5,0	0,5
300	8	2,5	5,0	0,8
500	9	3,5	5,0	3,0
1000	10	5,5	5,0	3,0
2000	10	7,5	5,0	3,0
3000	10	8,0	-	-
5000	10	-	-	-

Наиболее широко используемым показателем эффективности группировок войск ПВО СВ является МОЖ числа уничтоженных за время отражения удара ВЦ [3]. Слабой стороной этого показателя является то, что он характеризует задачи группировки войск ПВО только с точки зрения способа ее выполнения. Поэтому в ходе проведения исследований используется еще один обобщенный показатель эффективности – МОЖ предотвращенного ущерба прикрываемым войскам и объектам. Очевидно, что первый и второй показатели имеют функциональную связь.

Результаты проведенных исследований показывают [4], что в качестве критерия оценки помехоустойчивости группировки войск ПВО целесообразно использовать показатель, характеризующий изменение эффективности группировки ПВО в условиях воздействия помех W_{Π} относительно эффективности группировки ПВО в беспомеховой обстановке $W_{БП}$, позволяющий учесть влияние мер защиты (индивидуальные и системные) $\Delta W_{защ}$:

$$P_{\Pi У} = \frac{W_{\Pi} + \Delta W_{защ}}{W_{БП}} \cdot 100\% . \quad (5)$$

Результаты проведенных исследований показали, что система ПВО может обладать высокой помехоустойчивостью и иметь весьма низкую эффективность (например, состоящая из ЗАК, которые не имеют РЛС) и, наоборот, эффективная система

ПВО, имеющая РЛС и ЗУР в условиях воздействия помех может оказаться помехоустойчивой.

Поэтому, для оценки возможностей группировки (системы) войск ПВО обеспечить прикрытие войск и объектов с эффективностью не ниже требуемого уровня ($W_{\text{треб}}$), следует использовать показатель $P_{\Pi У}$, характеризующий изменение ее эффективности в условиях РЭП противника (W_{Π}) относительно требуемой ($W_{\text{треб}}$):

$$P_{\Pi У} = \frac{W_{\Pi} + \Delta W_{защ}}{W_{\text{треб}}} \cdot 100\% . \quad (6)$$

При этом будем считать, что группировка системы ПВО бригадного звена является помехоустойчивой при условии $W_{\Pi} + \Delta W_{защ} \geq W_{\text{треб}}$ и непомехоустойчивой при условии $W_{\Pi} + \Delta W_{защ} < W_{\text{треб}}$.

В табл. 5 представлена рассчитанная при помощи имитационной модели эффективность функционирования зрбатур бригадного звена для типового МУ в отсутствии и при наличии помех.

Анализ данных табл. 5 показывает, что зрбатур с оперативно-штатной структурой, предложенной выше, в условиях помех “средней” интенсивности обеспечивает уровень ПВО бригады “устойчивая”, начиная с высот 50 м и более, т.е. эффективность боевого применения повышается при стрельбе по ВЦ на высотах с 50 м до 3000 м от 8,3 % до 12,4 % по самолетам и на 8,4 % по вертолетам.

Таблица 5

Эффективность функционирования зрбатур

H _{ВЦ} , м	Без помех, K _{сж} =1			Помехи «ср. интенсивности», K _{сж} =0,6		
	Д _{обн} , км	Колич.обнар ВЦ (№ _{ВЦУ})	Эффективн. функц. зрбатур (P _{ΠУ})	Д _{обн} ,км	Колич. обнар. ВЦ (№ _{ВЦУ})	Эффективн. функц. Зрбатур (P _{ΠУ})
50	23	8 (3)	40,5% (24%)	13,6	5 (2)	20,9% (8,4%)
100	29	10 (5)	49,8% (40%)	17,4	6 (3)	24,9% (12,6%)
500	63	11 (5)	54,8% (40%)	37,8	7 (3)	29%(12,6%)
1000	110	12 (6)	59,8%(48%)	66,0	8 (4)	33,2% (16,8%)
2000	115	12 (6)	59,8% (48%)	69,0	8 (4)	33,2% (16,8%)
3000	120	12 (6)		72,0	8 (4)	33,2% (16,8%)

Выводы

Таким образом, в предложенной работе предложена методика для оценки эффективности функционирования зенитной ракетной батареи бригадного звена, которая учитывает тактико-технические характеристики зенитно-ракетных комплексов и средств разведки, действия воздушного противника, а также возможность применения последним активных помех.

Предложенная методика позволяет определить эффективность функционирования зенитной ракетной батареи и, соответственно, систематизировать уровень противовоздушной обороны бригады.

Список литературы

1. Петухов С.И., Степанов А.Н. Эффективность ракетных средств ПВО. – М.: Воениздат, 1976. – 104 с.
2. Бартон Д. Радиолокационные системы. – М.: Воениздат, 1967. – 248 с.
3. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Конфликтная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1982. – 122 с.
4. Петухов С.И. Применение методов теории массового обслуживания при решении задач ПВО // Военная мысль. – 1973. – Вып. 11. – 80 с.

Поступила в редколлегию 25.10.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.И. Обод, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.